

# *GERENCIAMENTO DE PNEUS INSERVÍVEIS: ESTUDO DA RECICLAGEM E DESTINAÇÃO*

## MANAGEMENT OF WASTE TIRE: RECYCLING AND DISPOSAL STUDY

Alexey Roberto Muniz Pinto  
César Augusto Agurto Lescano  
Ederson Fernandes Molina  
José Avelino Placca  
Priscila Cristina Gomes  
William Alexandre Silva

Curso de Engenharia de Produção  
Faculdade Anhanguera de Ribeirão Preto (FRP), Brasil

### RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo realizar um estudo sobre a reciclagem e destinação dos pneus inservíveis. Estima-se que mais de 200 milhões de pneus inservíveis são abandonados/jogados em todo o país a cada ano. O tema é de grande valia nos dias atuais, pois traz consigo toda uma problemática envolvendo saúde, meio ambiente e sustentabilidade. Tanto governantes quanto empresas estão cada vez mais preocupados com a destinação de pneumáticos com o passar dos anos. Por isso, se tornou de suma importância o gerenciamento de pneus para que não ocorra uma degradação ambiental. O presente trabalho aborda questões específicas, mostrando qual melhor estratégia de gestão de resíduos de pneus inservíveis será viável em longo prazo. São avaliadas práticas atuais, tecnologias potenciais e sistemas bem sucedidos de nações estrangeiras para desenhar conclusões e fazer recomendações sobre quais tecnologias que são mais aplicáveis para o Brasil. O foco principal desta pesquisa bibliográfica é mostrar de forma clara o quanto o gerenciamento de pneus é importante constituindo um conjunto de procedimentos de gestão, planejamento e implementação, enfatizando como as indústrias podem se tornar sustentáveis e preservar o meio ambiente, e que essas ações possam ser realizadas de forma continuada e segura trazendo melhorias para as gerações presentes e futuras.

**Palavras-chave:** Gerenciamento. Pneus. Sustentabilidade.

### ABSTRACT

This It is estimated that over 200 million scrap tires are abandoned/dumped across the country each year. This study it is the "waste tire management". The theme is of great value today, as it brings with it a whole issue involving health, environment and sustainability. Both governments and businesses are increasingly concerned with the allocation of tires over the years. So it has become extremely important to tire management so that there is environmental degradation. The future project will investigate specific issues, showing what better waste management strategy of waste tires, be viable in the long term. Will be assessed current practices, potential technologies and successful systems of foreign nations to draw conclusions and make recommendations on which technologies are most applicable to Brazil. The main focus of this literature will show clearly how much the tire management is important, constituting a set of management procedures, planning and implementation, emphasizing how industries can become sustainable and preserve the environment, and can be continued and used, bringing improvements for present and future generations.

**Key-words:** Management. Tires. Sustainability.

## **INTRODUÇÃO**

Em nosso país o devido descarte e manuseio dos resíduos sólidos urbanos são considerados como um dos principais desafios enfrentados pelos municípios envolvendo problemas sanitários, ambientais e econômicos (CIMINO; ZANTA, 2005).

De grande utilidade para a humanidade como um todo, o pneu desde sua criação sempre gerou um grande problema ambiental. Porém com o crescimento populacional e conseqüentemente o também desenvolvimento das cidades e o apelo pela locomoção rápida, houve-se um aumento expressivo e progressivo das frotas de veículos. A partir desse momento, foi que o Brasil se deu conta dos inúmeros impactos e danos ambientais que os pneus causam em sua fase “inservível”.

Em sua fase de “inutilidade” para as frotas veiculares, o pneu inservível torna-se um material perigoso, pois o mesmo possui um longo processo de decomposição na natureza, por isso não deve ser descartado no meio ambiente.

O descarte errado dos pneumáticos preocupa as autoridades, pois além de danos ambientais, o pneu descartado aleatoriamente na natureza causa também nas cidades problemas de saúde pública, sendo que os mesmos “pneus”, servem de moradia de mosquitos transmissores de doenças graves (PARRA; NASCIMENTO; FERREIRA, 2010).

No Brasil, legislações específicas sobre o tema foram criadas para que procedimentos corretos sejam aplicados no momento de descarte dos pneus inservíveis. Metas, prazos e responsabilização de infratores que descartam erroneamente os pneumáticos, são estabelecidos e dispostos por meio de Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (IBAMA, 2013).

Segundo Reciclanip (2013), há pelo menos 60 caminhões que retiram 850 toneladas de pneus inservíveis dos pontos de coleta diariamente. Diversas são as possibilidades tecnológicas e criativas para a reutilização e reciclagem do pneu como a remoldagem, recauchutagem, recapagem, pirólise genérica, a logística reversa, além da utilização do pneu inservível na composição do asfalto e na confecção artesanal e na indústria da moda.

Os problemas mais comuns associados aos resíduos de pneus são que tais pneus sejam indutores de fogo ao ar livre e com os incêndios de pneus há a liberação

de toxinas cancerígenas para a atmosfera, ameaçando a saúde pública. São também difíceis de extinguir as pilhas de pneus em terrenos baldios, sendo isto ideal para roedores e mosquitos, conhecidos portadores de doenças como encefalite e como criadouros de larvas do *Aedes aegypti*, o “famoso” mosquito da dengue e habitat de pragas, principalmente em climas tropicais como no Brasil.

Na verdade, o gerenciamento destes resíduos, para o processo de destinação adequada tanto por empresas, quanto pelos cidadãos comuns, é para o Brasil de grande valia para sustentabilidade ambiental e para promoção do bem estar geral da sociedade civil.

O presente trabalho tem por objetivo analisar quais as opções possíveis para a correta destinação final dos pneus inservíveis sob o ponto de vista da preservação ambiental.

Uma série de graves problemas de saúde e ambientais são associados aos depósitos de resíduos de pneus. Pilhas de resíduos de pneus podem fornecer habitats para pragas que habitam em suas concavidades dentro de pneus. Os roedores e insetos que se reproduzem dentro destas pilhas têm o potencial para espalhar a doença, em especial quando as pilhas destes pneus de resíduos que estão localizados perto áreas urbanas. Devido ao grande passivo ambiental que os pneus inservíveis representam atualmente, existe a grande necessidade de retirar esses resíduos do meio ambiente por serem sua degradação natural muito demorada e serem ativos viveiros de animais transmissores de doenças.

Os principais problemas enfrentados quanto ao gerenciamento, controle e a disposição final adequada dos pneus inservíveis são devido ao fato de que para estes meios são exigidos uma atenção especial por serem de grande risco a saúde pública e ao meio ambiente. Necessitando assim que orientações e estudos sejam realizados para que os problemas do resíduo pneumático sejam vistos como uma responsabilidade social compartilhada.

## **Gestão Ambiental no Brasil**

Os desafios da gestão ambiental no Brasil são exacerbados pelo tamanho do seu território continental, às quais se juntam a longa costa brasileira, com a biodiversidade, vegetação, clima e biomas terrestres e aquáticos. Além disso, há uma crescente pressão internacional, alegando para a proteção ambiental e um surgimento de questões relacionadas com as alterações climáticas que precisam ser consideradas em conjunto com a expansão da agricultura e desenvolvimento industrial em regiões que ainda não tenham sido uma prioridade em termos de investimento (SILVA, 2011).

Do ponto de vista interno, a estrutura federativa do país também se destaca em como desafiar a gestão ambiental, pois exige uma maior interação e coordenação entre os componentes da federação. Isto é necessário, porque o meio ambiente não é uma questão que segue a divisão político-territorial do país. Além da interação entre as esferas de governo, precisa-se também considerar a participação da sociedade civil na discussão e definição de políticas ambientais. Como fazer isso em um país com mais de 8.000 km<sup>2</sup> e que já ultrapassa os 200 milhões de pessoas, é o desafio colocado para a cidadania (DNOCS, 2013).

E para entender como este desafio está sendo enfrentado, é necessário para iniciar a discussão da Política Nacional do Meio Ambiente, a lei federal aprovada em Lei 6.938/1981 e alterações posteriores. Esta legislação estabeleceu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), composto de representantes das três esferas de governo e deverá ser o principal mecanismo adequado para lidar com as questões ambientais no Brasil. A estrutura e funções do SISNAMA estão listados na Tabela 1:

**Tabela 1:** Estrutura e Funções do SISNAMA

Órgão	Entidade	Atribuição - Lei 6.938/ 1981 e alterações posteriores
Superior	Conselho do Governo Federal	Assessorar o Presidente na formulação do ambiente nacional e política dos recursos naturais.
Consultivo e Deliberativo	Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA	O objetivo é assessorar, estudar e propor ao Conselho de Governo, as orientações da política do governo para o meio ambiente e recursos naturais e deliberar, no âmbito da sua competência, sobre normas e padrões compatíveis com um ambiente ecologicamente equilibrado e essencial à uma sadia qualidade da vida.
Central	Ministério do Meio Ambiente - MMA	Planejar, coordenar, supervisionar e controlar, como um órgão federal, a política nacional e diretrizes do governo estabelecido para o meio ambiente.
Executor	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade	Aplicar e fazer cumprir, como uma agência federal, a política do governo e as diretrizes estabelecidas para o ambiente.
Seccionais	Agências estatais	A implementação de programas, projetos, o controle e fiscalização de atividades capazes de causar degradação ambiental.
Local	Agências municipais	O controle e fiscalização dessas atividades em suas jurisdições.

Fonte: Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1988)

O Conselho de Governo tem uma função consultiva ao Presidente e, portanto, o principal corpo do SISNAMA é o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que é presidido pelo Ministério do Meio Ambiente e com a representação de todos os ministérios, o IBAMA, o Instituto Chico Mendes, os governos estaduais e municipais, trabalhadores, sociedade civil e nos negócios (DNOCS, 2013).

Cada um dos 26 governos estaduais e do governo do Distrito Federal tem o direito de nomear um membro para o CONAMA. Em geral, eles são da Secretaria de Estado do Ambiente ou outro órgão equivalente. Os representantes dos governos municipais são escolhidos entre aqueles que tem estruturação a uma agência ambiental e um conselho deliberativo. Os membros são: um de cada região geográfica do país (5 membros), um da Associação Nacional de Municípios e Meio Ambiente (ANAMMA), e dois de outra Associação Nacional de Municípios (TRENNEPOHL, 2010).

Decisões do CONAMA podem ser tomadas sob a forma de: (1) Resoluções, quando o deliberação é sobre diretrizes e normas técnicas, critérios e padrões relativos a proteção do meio ambiente e uso sustentável dos recursos ambientais; (2) Propostas, no caso de manifestação relacionada com a questão ambiental; (3) Recomendações, em o caso de manifestação sobre a implementação de políticas, programas públicos e padrões, com repercussões na área ambiental, incluindo um acordo de parceria (TRENNEPOHL, 2010).

Esta é a estrutura, que apoia o avanço das iniciativas de proteção ambiental no Brasil.

### **A Problemática do Pneu Resíduo**

De acordo com Freire e Guedes (2006), a produção dos pneus cresce juntamente com o aumento da produção dos automobilísticos, conforme dados da ANIP, em 2011 as fábricas de pneus associadas a ela produziram no Brasil 66,9 milhões de unidades de pneus. Nos automobilísticos o pneu é um dos elementos principais, pois ao juntar-se aos outros elementos e sistema, o pneu torna-se responsável pela movimentação dos veículos, assim que os pneumáticos alcançam ao final de sua vida

útil eles são procedidos em três tipos de modos: o reuso, o descarte e a reciclagem (ARAÚJO; SILVA, 2005).

O pneu reutilizado tem a mesma finalidade em que foi projetado, ele passa por uma reforma em que sua carcaça é reutilizada aumentando assim sua vida útil, conforme o inciso IV do Art. 1º a CONAMA Nº 416/2009 os processos de reutilização são:

- a) recapagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem (CONAMA Nº 416/2009);
- b) recauchutagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem e dos ombros (CONAMA Nº 416/2009);
- c) remoldagem: processo pelo qual um pneu usado é reformado pela substituição de sua banda de rodagem, ombros e toda a superfície de seus flancos (CONAMA Nº 416/2009).

O processo de reforma beneficia os pneus que tem um custo mais alto, pois quando reforma o pneu evita a compra de um novo diminuindo assim os gastos. São classificados como os mais caros os pneus de transporte que são usados em caminhões, aviões e ônibus, porém é limitada a quantidade de reforma que o pneu pode passar, visto que ao passar por muitas reformas o pneu acaba perdendo o seu desempenho tornando-se assim um pneu inservível (CEMPRE, 2010).

Os pneus inservíveis são classificados na CONAMA Nº 416/2009 como: pneu usado que apresente danos irreparáveis em sua estrutura não se prestando mais à rodagem ou à reforma. Pela classificação quanto à periculosidade na NBR 10.004/2004 o pneu se enquadra em resíduos inertes, portanto não possui na sua composição metais pesados e não possuem características de solubilidade.

No momento em que o pneu inservível é descartado de forma imprópria ele passa a ser um problema para a saúde da população e para o meio ambiente, quando descartado em algum curso d'água, diminui a transição da água assim elevando os perigos na cidade com as inundações (BRANCO; BARTHOLOMEU; PINHEIRO; CAIXETA-FILHO, 2011).

Pneus empilhados e descobertos podem acumular água em suas carcaças, tornando-se assim lugares propícios para a criação de vetores de doenças como os

da encefalite, da dengue e da febre amarela, além disso, os pneus empilhados são considerados como risco de incêndio, já que são fáceis de queimar e sua queima libera uma fumaça preta intensa além da liberação do material oleoso (CEMPRE, 2010).

Segundo Cimino e Zanta (2005) na queima do pneu há uma liberação de óleo, sendo que para cada pneu é liberado dez litros de óleo, esse óleo torna-se uma preocupação, pois podem contaminar o solo e o lençol freático ao ser percolado. Ao ser descartado nos aterros sanitários, os pneumáticos devido a sua pequena compressibilidade acabam ocupando um grande espaço reduzindo assim a vida útil do aterro, além disso, “na decomposição dos outros resíduos são liberados gases que o pneu acaba absorvendo fazendo com que o pneu incha e podendo até estourar a cobertura dos aterros” (CIMINO; ZANTA, 2005, p. 300).

Devido aos problemas sanitários e ambientais causados pela destinação inadequada dos pneus inservíveis, esse assunto passou a ser motivo de regulamentação específica abrangendo as indústrias de pneus, onde são estabelecidas leis a serem seguidas. Nessa lei surge a logística reversa da coleta e destinação dos pneumáticos inservíveis (BRANCO; BARTHOLOMEU; PINHEIRO; CAIXETA-FILHO, 2011).

## **Resíduos Sólidos**

Os resíduos sólidos estão presentes em todas as atividades humanas e, portanto a sua não geração é algo quase impossível, principalmente nos dias atuais que o consumo humano está cada vez maior.

A maioria das atividades geram resíduos, seja residencial, comercial, hospitalar agrícola, de serviços de varrição ou industrial, o que torna a sua produção um processo inevitável e problemático. O tipo e a quantidade desses resíduos gerados estão diretamente ligados ao nível de desenvolvimento da região.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira (NBR) 10.004 de 2004 define os resíduos sólidos como:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água,



aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia prática disponível (ABNT, 2004, p.1).

No Brasil para se fazer a classificação dos resíduos sólidos, utilizamos o conjunto de normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): 10.004, 10.005, 10.006 e 10.007.

Relacionado aos riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, a Norma ABNT NBR 10.004/2004 classifica os resíduos sólidos em duas classes:

a) Classe I – Resíduos Perigosos: são aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

b) Classe II – Não Perigosos: esses resíduos subdividem-se em Resíduos Classe II A - Não Inertes e Resíduos Classe II B – Inertes:

b1) Classe II A – Não Inertes: são aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I – Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Esses resíduos podem ter propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

b2) Classe II B – Inertes: são aqueles resíduos que quando submetidos a um contato dinâmico ou estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente conforme NBR 10.006 (2004) não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de portabilidade da água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor quando amostradas de forma representativa segundo a NBR 10.007 (2004).

Os pneus são classificados como Classe II A – não inertes, por apresentarem teores de metais (zinco e manganês) no extrato solubilizado superiores aos padrões estabelecidos pela NBR 10.004/2004.

## **Disposição final dos resíduos**

Os meios mais usuais quanto à disposição final dos resíduos sólidos no Brasil de acordo com Poletto et. al. (2010) são:

1. Lixão: este processo caracteriza-se pela simples descarga de resíduos sobre o solo, à céu aberto, sem qualquer técnica de proteção ao meio ambiente, acarretando problemas de saúde pública, como consequência da proliferação de vetores e doenças;
2. Aterro controlado: é uma técnica de disposição de resíduos sólidos no solo, sem que, entretanto, cause sérios danos ou riscos à saúde pública. Os impactos são minimizados pela aplicação de algumas técnicas de engenharia para confinar os resíduos, como cobri-los com uma camada de material inerte ao final de cada jornada de trabalho;
3. Aterro sanitário: neste processo os resíduos são confinados no solo, sem causar danos à saúde pública e a sua segurança, minimizando os impactos ambientais, método este que utiliza princípios de engenharia para confinar resíduos na menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menores se for necessário.
4. Incineração: é o processo de combustão controlada a partir da queima do resíduo em aparelho e usinas especiais. Apresenta a vantagem de reduzir bastante o volume dos resíduos podendo chegar a 90%. Depois da queima, resta um material que pode ser encaminhado para aterros sanitários ou mesmo reciclado. Alguns resíduos ao serem incinerados liberam gases tóxicos ao serem queimados. Nesses casos, para evitar a poluição do ar, é necessário instalar filtros e equipamentos especiais.

## **Recomendações**

A fim de completar os objetivos principais foram utilizados um número de diferentes métodos. Eles incluem vários recursos de gerenciamento de resíduos de pneus. Além disso, criou-se uma matriz de viabilidade, a fim de analisar e avaliar o

processamento dos resíduos de pneus, tirando conclusões sobre sistema de gestão de resíduos de pneus atual no Brasil quando comparado com os sistemas em vigor nos Estados Unidos e no Japão. O primeiro passo do projeto envolveu a identificação dos problemas que os resíduos de pneus estão criando no Brasil. Uma série de graves problemas de saúde e ambientais são associados aos depósitos de resíduos de pneus. Pilhas de resíduos de pneus podem fornecer habitats para pragas que habitam nas concavidades dentro de pneus.

Os roedores e insetos que se reproduzem dentro destas pilhas tem o potencial para espalhar doenças, em especial quando as pilhas de pneus de resíduos estão localizados perto de áreas urbanas. Essas pragas são conhecidas como portadores de doenças perigosas, como encefalite e dengue, que tendem a ser mais prolífico em países como o Brasil, com clima tropical. Em adição a este problema de pragas, grandes depósitos de pneus podem condutores a graves perigos de incêndio. Incêndios com pneus se espalham rapidamente, emitem grandes quantidades de calor, e são difíceis de conter ou extinguir.

Além disso, se abertamente queimados, emitem grandes quantidades de perigosos produtos químicos e tóxicos. Os incêndios de pneus liberam monóxido de carbono e substâncias cancerígenas como benzeno, poluindo o ar com fumaça tóxica e contaminando o ambiente local, como a cinza que se instala.

Com base nos resultados, pôde-se desenvolver recomendações que ajudarão quais novos métodos de gestão de resíduos de pneus devem continuar a ser usado e aperfeiçoado, ou que devem ser desenvolvidos e implementados.

A deposição em aterro: é a forma mais simples de gerenciamento de resíduos de pneus, reduz questões ambientais e de saúde, mas acrescenta outras. Embora pneus devidamente depositados em aterro, não se inflama ou fornece criadouros de roedores, o custo de um aterro corretamente construído, não tem uma quantidade significativa de dinheiro para construir, e as despesas adicionais de gestão de rotina, pode se tornar bastante onerosas também. Esta "solução" para o problema dos resíduos de pneus é agora freqüentemente considerado uma outra forma de má gestão, uma vez que os pneus precisam de atenção especial em aterros devido à sua resistência à decomposição e compactação. Além disso, a deposição em aterro não

faz uso desses pneus usados como um recurso, em vez tratá-los como um produto residual.

Eliminação de resíduos de pneus através de dumping , queima a céu aberto, ou deposição em aterro é uma prática comum no Brasil, e este método de gestão é atualmente responsável por aproximadamente 65% de todos os resíduos de pneus. No entanto, existem muitas formas alternativas de gestão de resíduos de pneus que fazem uso de resíduos de forma mais econômica e ambientalmente correta. Cada um dos seguintes métodos tem as suas próprias vantagens e desvantagens, que são descritas extensivamente abaixo.

Reutilizar resíduos de pneus para o fim pretendido originalmente é uma opção econômica e ambientalmente consciente. No entanto, este processo só pode ser aplicado para o lixo de pneus, classificado como "pneus inservíveis reparáveis" em vez de "pneus inservíveis".

1. Recauchutagem de pneus inservíveis reparáveis é uma opção altamente econômica para gestão de resíduos de pneus. Recauchutagem é um processo seguro, eficiente que envolve a remoção das bandas de rodagem exterior em um pneu e é substituído como novo, passando por calor e pressão. Este processo é semelhante ao processo utilizado na criação de um novo pneu, exceto que se utiliza apenas 30-50% do material que é necessário para um pneu novo. Extensos testes provaram que pneus reformados são tão seguros quanto os pneus novos quando devidamente inspecionados e reformados. Esta solução pode ser utilizada várias vezes em resíduos de pneus, devolvendo-o continuamente para o início do fluxo de resíduos de pneus como um "novo" pneu. Eventualmente, a estrutura do pneu se rompe e não pode mais ser reformado.

Projetos de derivados de pneus e recuperação de áreas degradadas são opções viáveis que reutilizam pneus inservíveis em um novo aplicativo:

2. O processo de moagem de pneus é um processo relativamente simples que pode ser realizado utilizando um número de métodos diferentes, incluindo moagem com água, moagem criogênica, e moagem de temperatura ambiente, que produzem variações ligeiramente diferentes de granulado de borracha. Agregado dos derivados de pneus tem um número de aplicações consideráveis, incluindo a matéria para fins agrícolas, construção de playground, enchimento de relva artificial em campos

atléticos, aterramento em processo de engenharia, e como aditivo emborrachado em asfalto. Os derivados de pneus são especialmente úteis para essas aplicações devido ao seu baixo custo, disponibilidade, durabilidade, luz, peso e capacidade de drenagem. Estudos recentes tem sido conduzidos e classificam como um material seguro para estas aplicações.

3. Recuperação de borracha de pneus é outra aplicação que utiliza borracha triturada. Este processo envolve a moagem ainda mais, borracha em pó fino misturado com aditivos químicos, num processo conhecido como "desvulcanização", que quebra as ligações de enxofre na borracha. A borracha recuperada produzida através deste processo, pode ser reutilizada de forma independente para produzir tapetes de borracha, chapas e tubos de borracha. Ele também pode ser usado como um aditivo de borracha para novos produtos, principalmente os novos pneus. Este processo é economicamente e ambientalmente viável, e uma indústria bem sucedida de recuperação de borracha, já existe no Brasil.

4. Os pequenos projetos são outra reutilização produtiva para pneus inservíveis. Esta classificação inclui aplicações como equipamentos de playground, projetos de arte, e amortecedores em grandes veículos ou barcos. Embora estas aplicações representam apenas uma pequena porcentagem de todos os pneus inservíveis, são usos simples e econômicos para os pneus que não necessitam de infra-estrutura, planejamento ou regulamentação.

Todas as aplicações acima mencionadas têm um limite para a sua utilidade. Derivados de pneus, borracha recuperada, e projetos em pequena escala são dependentes específicos e, muitas vezes com mercados limitados. Além disso, os pneus utilizados em aplicações de engenharia civil ou de pequena escala podem um dia viver mais que sua utilidade.

Incineração de energia e de pirólise são opções para a gestão de resíduos de pneus que podem fazer uso de pneus, em qualquer fase do seu ciclo de vida, mas são particularmente úteis para o fim-de-vida dos pneus.

5. A incineração de energia é uma opção de gestão de resíduos de pneus comumente usados em muitos países com sistemas de gestão de resíduos de pneus já estabelecido. Embora este método crie algum nível de preocupação ambiental

devido às emissões poluentes, estudos mostraram que os pneus produzem mais energia e menos poluentes do que muitos combustíveis fósseis, quando utilizado na mesma aplicação. Este recurso pode ser utilizado em uma série de comodidades, incluindo fornos de cimento, fábricas de papel e caldeiras industriais como uma alternativa aos combustíveis tradicionais como o carvão. Ele também pode ser usado como um aditivo para carvão com pouco ou nenhum efeito sobre as emissões. No entanto, é importante notar que procedimentos operacionais adequados devem ser seguidos para a produção de energia a ser uma utilização ambientalmente viável para resíduos de pneus. Se os pneus são incinerados usando procedimentos operacionais pobres, o dano ambiental pode ser extenso, comparável ao da queima.

6. Pirólise é uma tecnologia que tem um potencial significativo, apesar de ser usada com menos frequência do que a incineração para a energia, a nível mundial. O processo de pirólise envolve a introdução de resíduos de pneus para uma quantidade significativa de calor e pressão, causando assim a separação dos componentes do pneu. Tipicamente, este processo produz gases de hidrocarbonetos, carbono, sucata de aço, e "óleo de pirólise", que tem propriedades semelhantes a óleo combustível pesado. Estes produtos são geralmente de baixo grau, e exigem refinamento prévio. Recentes avanços em matéria de tratamento destes materiais de baixo grau, fez da pirólise uma opção economicamente e ambientalmente viável. No entanto, o equilíbrio dos efeitos ambientais de pirólise com os potenciais benefícios financeiros pode ser um processo difícil. Tomar atalhos no processo de pirólise podem levar a um maior ganho econômico, mas causar um dano ambiental significativo. Instalações de pirólise, por conseguinte, precisam de ser altamente reguladas.

Ao avaliar os prós e os contras de uma variedade de tecnologias de gestão de resíduos de pneus, nós concluímos que estas tecnologias são todas estratégias eficazes para a utilização de resíduos de pneus como um recurso valioso. No entanto, a fim de que estas tecnologias possam ser eficazmente implementadas, deve ser estabelecido um sistema de gestão completo de resíduos de pneus. No Brasil ainda estes componentes tem um alto desperdício, e necessita de gestão para as tecnologias, políticas, instituições, agentes e mecanismos financeiros. Ao estudar os sistemas de gestão de resíduos de pneus de sucesso do Japão e dos Estados Unidos

e avaliar as semelhanças e diferenças entre estes os sistemas e o sistema atual no Brasil, fomos capazes de tirar conclusões sobre os futuros passos que influenciaria positivamente um sistema de gestão de resíduos de pneus do Brasil.

### **Tecnologia:**

Recomendação 1: Minimizar a má gestão de resíduos de pneus através da queima a céu aberto, abrir de dumping, e a deposição em aterro; em vez disso enfatizar uma abordagem multifacetada que envolve opções ambientais e economicamente viáveis. Mudando o foco de tecnologias de resíduos de pneus do Brasil de má gestão de resíduos, dispondo para recauchutagem, moagem para uso em práticas de engenharia civil, projetos de pequena escala, a incineração para a energia, e/ou de pirólise, assim o sistema de gestão de resíduos de pneus do Brasil se tornará uma fonte mais forte do crescimento econômico e mais respeitador ao ambiente.

Recomendação 2: Investigação e desenvolvimento dos resíduos emergentes e de gestão de pneus com tecnologias estabelecidas. Ao pesquisar tecnologias de borracha ou de resíduos de pneus emergentes, pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) irá garantir que o Brasil estabelece e mantém uma vantagem competitiva no reaproveitamento de resíduos de pneus e reaproveitamento industrial. O CNPq já estabeleceu programas relativos à pesquisa de materiais, tornando-o um bom candidato para a criação de um novo centro de pesquisa de tecnologia de borracha de pneus.

### **Políticas:**

Recomendação 3: Estabelecer e universalizar a aplicação de políticas específicas para os resíduos de pneus que estabelecem diretrizes para a indústria, penalizar as empresas que não sejam conformes com estas orientações, e criar incentivos para as empresas com práticas de negócios ambientalmente correto. O

aumento da regulamentação do setor de resíduos de pneus vai melhorar as práticas de negócios, assim melhorar o impacto ambiental desta indústria. A criação de incentivos para empresas de gestão de resíduos com as práticas de negócios positivos, irão promover a crescimento desta indústria no Brasil. Será importante encontrar um equilíbrio para que estes regulamentos melhorem as práticas comerciais sem inibir significativamente o crescimento do indústria de gestão de resíduos de pneus.

#### **Institucional:**

Recomendação 4: Aumentar a cooperação entre o setor privado e de regulação. O aumento da cooperação entre as agências reguladoras e do setor privado no desenvolvimento de novos regulamentos é destinado para ajudar a mitigar os impactos negativos e que essa regulamentação terá sobre a indústria de gestão de resíduos de pneus. Ao envolver membros do setor privado, instituições associadas aos resíduos de pneus pode ganhar uma melhor perspectiva sobre as necessidades das empresas na gestão de resíduos de pneus e fazer escolhas informadas as decisões sobre novos regulamentos. Como uma organização nacional dedicada à ciência, investigação e desenvolvimento tecnológico, o CNPq pode agir como um catalisador para abastecer esta cooperação, fazendo a ponte entre a instituição reguladora com o Departamento de Controle de Poluição e líderes do setor privado.

#### **As partes interessadas:**

Recomendação 5: Expandir a participação pública na gestão de resíduos de pneus através da utilização de uma campanha de educação pública. Ao informar o público sobre os regulamentos atuais e futuros objetivos relativos ao sistema de gestão de resíduos de pneus, o CNPq pode tentar melhorar a participação pública com um programa. Através de apresentações em seminários e conferências, ou com campanha publicitária, o CNPq pode impactar diretamente a participação do público



na recolha de resíduos de pneus, aumentando, assim, o volume de resíduos de pneus que entram no Brasil.

Recomendação 6: investigar mais informações sobre as opiniões públicas e aceitação social de um sistema de gestão de resíduos de pneus.

Através do uso de uma pesquisa de grande escala ou consultas com líderes comunitários, instituições reguladoras, pode-se reunir informações sobre a vista do público atual de opções de gerenciamento de resíduos de pneus. Esta informação permitirá que os futuros progressos sobre fluxo de gestão de pneus há de se concentrar-se nas opções que são mais susceptíveis de ser aceito publicamente. Uma campanha concebida para explorar a opinião pública e a vontade de participar num determinado programa, vai ajudar a governar agências e criar um sistema que é tão socialmente aceitável quanto possível.

### **Mecanismos de Financiamento**

Recomendação 7: Melhorar o fluxo de gerenciamento de resíduos de pneus corrente através da promoção do crescimento do setor privado.

Fluxo de resíduos de pneus do Brasil é atualmente alimentado pelo setor privado, em que resíduos de pneus de empresas são comprados por garagens ou ferro velho, que por sua vez compram resíduos de pneus de consumidores individuais.

Estas recomendações, juntamente com o nosso estudo de investigação destinam-se a apoiar o CNPq no seu desenvolvimento em busca de um programa de gerenciamento de resíduos de pneus inservíveis abrangente para a Brasil.

Através da realização destas recomendações, são esperados os seguintes resultados:

- A minimização de práticas de má gestão de resíduos de pneus, como a queima a céu aberto, dumping, e a deposição em aterro;
- O crescimento das indústrias que utilizam tecnologias de gestão de resíduos de pneus ambientalmente e economicamente viáveis;
- A adoção de práticas de gestão de negócios ambientalmente responsável em resíduos de pneus inservíveis;

- Um aumento da taxa de reciclagem de resíduos de pneus;
- O desenvolvimento de um sistema global de gestão de resíduos de pneus.

## **Discussão e Conclusões**

A questão ambiental trazida pelos pneus inservíveis que são descartados de forma errada vai além de uma legislação específica que é aplicada para se ter o devido descarte desses pneumáticos, os quais perderam sua utilidade. É certo que o instrumento legal é uma das diversas formas para que se minimize o problema ambiental causado pelo descarte não ecologicamente adequado. Porém, além de resoluções e instrumentos legais, uma educação ambiental de conscientização deve ser gerada e adotada por cidadãos, empresas e autoridades. E é através de métodos como a reutilização e a reciclagem que um ciclo benéfico à natureza é fechado para que se tenha um vínculo harmônico entre homem e natureza.

É de sabedoria de todos nós que o descarte incorreto de pneus na natureza traz grandes malefícios para o homem e para os seres vivos em geral. Problemas de desequilíbrio ambiental e de Saúde Pública (como é o caso da dengue, por acúmulo de água em pneus erroneamente descartados), são as principais consequências de uma não adoção consciente de métodos eficazes em combate a esse tipo de degradação da natureza.

As muitas recomendações, juntamente com o estudo de investigação destinam-se a apoiar o CNPq no desenvolvimento e busca de um programa de gerenciamento de resíduos de pneus abrangente para o Brasil. Estas recomendações foram todos feitos com base “off” das informações discutidas nos achados. Uma nota final importante para as recomendações é uma recomendação global de um movimento em direção ao progresso. Nenhuma das recomendações pode acontecer ao longo de uma semana ou um mês. Muitas dessas recomendações devem ser implementadas ao longo de um período de anos. Enquanto o ideal, seria que todas estas recomendações implementadas fossem imediatamente estabelecidas, é mais importante ser realista e compreender o tempo e esforço que exige uma mudança de política. Um primeiro passo em relação a qualquer destas recomendações é um movimento em direção ao progresso na gestão resíduos de pneus.

Uma política de logística reversa deve ser mais difundida e conhecida para também amenizar o número de pneus acumulados em lugares impróprios. Maneiras de reutilização de pneus devem ser aprimoradas e estabelecidas para dar uma segunda vida a esses pneumáticos.

E por fim, uma cultura de conscientização e propagação do reciclar deve ser passada de pessoa em pessoa, com o simples intuito de se gerar uma coletividade Sustentável, capaz de criar e gerir corretamente o seu sustento, ecologicamente perfeito e harmônico, para garantir uma maior permanência para não só as atuais gerações, mas também para as futuras.

### **Agradecimentos**

Ao corpo docente do curso de Engenharia de Produção da Faculdade Anhanguera de Ribeirão Preto.

### **Referências**

ANIP. Associação Nacional da Indústria de Pneumáticos. Disponível em <<http://www.anip.com.br/?cont=fabricacao>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Resíduos Sólidos: Classificação: 10004:2004. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://analiticaqmc.paginas.ufsc.br/files/2013/07/residuos-nbr10004.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

BRANCO, J. E .H; BARTHOLOMEU, D. B; PINHEIRO, M. A; CAIXETA-FILHO J. V. Caracterização da Logística Reversa de Pneus Inservíveis. In: Logística Ambiental de Resíduos Sólidos. São Paulo: Atlas, 2011.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: 1998. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm)>. Acesso em: 20 mai. 2015.

\_\_\_\_\_. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado, 1988.

\_\_\_\_\_. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em 20 mai. 2015.

CEMPRE. Pneus inservíveis. 2010. Disponível em: <<http://www.cempre.org.br/>>. Acesso em 18 out. 2015.

CIMINO, M. A. ZANTA, V. M. Gerenciamento de pneumáticos inservíveis (gpi): Análise crítica de ações institucionais e tecnologias para minimização. Eng. Sanit. Ambient. v. 10. n. 4, out/dez, 2005, p. 299-306.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 416 de 30 de Setembro de 2009. Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília 01 out. 2009. P. 64-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=258>>. Acesso em: 28 mai. 2015.

DNOCS. Relatório de Gestão do exercício de 2013. Disponível em: <[http://www.dnocs.gov.br/php/CGU/dnocs\\_relatorio\\_anual\\_2013.pdf](http://www.dnocs.gov.br/php/CGU/dnocs_relatorio_anual_2013.pdf)>. Acesso em: 11 mai. 2015.

FREIRES, F. G. M.; GUEDES, A. P. S. A gestão do sistema logístico inverso para pneus-resíduos e sua relação com a eficácia e eficiência. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXVI, Fortaleza. Anais, 2006.

IBAMA. Relatório de Pneumáticos. Resolução CONAMA nº 416/09. 2013. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=7487%3Arelatorio\\_pneumatico\\_2013](http://www.ibama.gov.br/phocadownload/category/4?download=7487%3Arelatorio_pneumatico_2013)>. Acesso em: 28 mai. 2015.

PARRA, Cristina Vilela; NASCIMENTO, Ana Paula Branco do; FERREIRA, Mauricio Lamano. Reutilização e Reciclagem de pneus, e os problemas causados por sua destinação incorreta. Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Nove de Julho. 2010. Disponível em:

*Alexey Roberto Muniz Pinto, César Augusto Agurto Lescano, Ederson Fernandes Molina, José Avelino Placca, Priscila Cristina Gomes e William Alexandre Silva*

<[http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2010/anais/arquivos/0908\\_0988\\_01.pdf](http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2010/anais/arquivos/0908_0988_01.pdf)>.  
Acesso em: 12 jun. 2015.

POLETO, C.; CARVALHO, S. L. de; MATSUMOTO, T. Avaliação da qualidade da água de uma microbacia hidrográfica no município de Ilha Solteira (SP). *Holos Environment*, v.10, p. 95-110, 2010.

RECICLANIP. Coleta e Destinação de Pneus Inservíveis. 2013. Disponível em: <[http://reciclamevalorizacao.com.br/wp/wp-content/uploads/2014/03/07\\_RECICLANIP\\_rv2013.pdf](http://reciclamevalorizacao.com.br/wp/wp-content/uploads/2014/03/07_RECICLANIP_rv2013.pdf)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

SILVA, Guilherme José Ferreira da. A incapacidade criminal da pessoa jurídica. Belo Horizonte: Del Rey, 2011.

TRENNEPOHL, Terence Dorneles. Manual de direito ambiental. 5 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.